

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ. ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ.
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

УДК 697.921.42 + 697.922.26 + 004.942

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЩЕЛЕВОГО
ПРОФИЛИРОВАННОГО СТОКА**

NUMERICAL SIMULATION OF PROFILED EXHAUST SLOT

Валеев Б. Р., Зиганшин А. М.

Казанский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Казань,
valeevbulat000@gmail.com, amziganshin@kgasu.ru

Valeev B. R., Ziganshin A. M.

Kazan state university of architecture and engineering, Kazan

Аннотация: В работе представлены результаты численного моделирования течения к щелевому профилированному стоку. Определено сопротивление такого стока, показано снижение значения КМС на 30 %, по сравнению с непрофилированным. Обнаружено образование вторичной вихревой зоны.

Abstract: This study presents the results of flow's numerical simulation to a profiled exhaust slot. The resistance of such slot has been determined, the decrease 30 % of value's coefficient of local resistance is shown compared to non-profiled exhaust slot. The formation of secondary vortex zone has been detected.

Ключевые слова: численное моделирование, щелевой сток, профилирование, снижение КМС, энергоэффективные местные отсосы.

Key words: numerical simulation, exhaust slot, profiling, decrease of coefficient of local resistance, energy efficient local exhausts.

По итогам ранее проделанной работы [1] была построена компьютерная модель течения к щелевому стоку. Была проведена

верификация модели и ее валидация при сравнении с известными данными по сопротивлению такого стока. В результате этих исследований также было определено очертание вихревой зоны, возникающей при срыве потока с входной острой кромки. Считается, что профилирование существенно снижает сопротивление [2–4]. При профилировании внутренних течений – в фасонных деталях каналов систем хорошим способом является установка профилирующих вставок по очертаниям вихревых зон [5]. Этот способ позволяет без изменения существующей технологии изготовления элементов систем вентиляции, а также без изменения их габаритов снизить сопротивление таких деталей. Представляет интерес проверить этот способ при совершенствовании входных участков вытяжных систем вентиляции – вытяжных отверстий общеобменных систем и различного вида местных отсосов.

В работе построена компьютерная модель щелевого стока (рис. 1), с профилированием входной острой кромки, по очертаниям ранее найденной вихревой зоны.

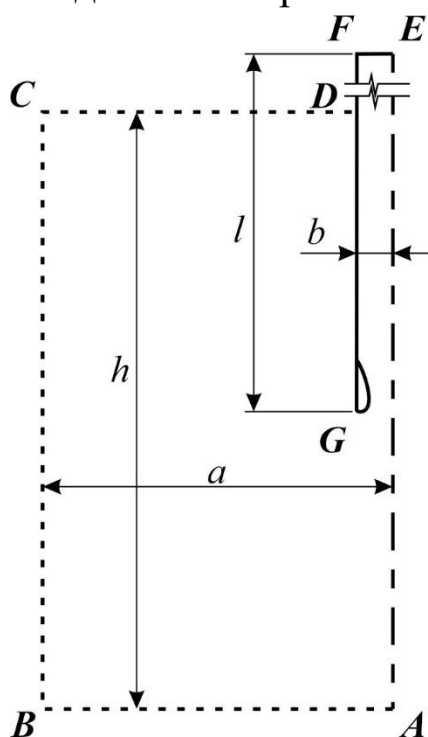


Рис. 1. Расчетная область

Задача решается при помощи программного комплекса *Fluent*, в двухмерной постановке. В качестве модели турбулентности принята ранее верифицированная модель Рейнольдсовых напряжений *RSM* (*Reynolds Stress Model*), в сочетании с расширенным пристеночным моделированием *EWT* (*Enhanced Wall Treatment*). Поскольку течение симметричное, решение проводится для одной половины расчетной области. На отрезках *ABCD* установлено граничное условие, моделирующее свободные проницаемые границы. Граница *EF* – вытяжное отверстие с заданной скоростью

$v_0 = 2$ м/с; **GDF** – граничное условие «стенка»; **EHA** – ось симметрии. Длина канала – $l = 2$ м, полуширина канала – $b = 0,05$ м, размеры области из которой воздух втекает в сток $a = 2$ м и $h = 3$ м.

На первом этапе задача исследуется на «сеточную зависимость» – ячейки в расчетной области измельчаются (адаптируется) и после каждого такого этапа производится решение задачи. Поскольку ячейки в области были изначально достаточно мелкие (размер минимальной ячейки составил 0,64 мм), проводилась адаптация сетки только вдоль твердых границ. Для того, чтобы в смежных областях с разным размером ячеек, размеры прилегающих ячеек не отличались более чем в два раза область адаптации на каждом этапе уменьшалась в 4 раза. Т. е. первоначально было проадаптировано 10 слоев ячеек вдоль твердых границ, на следующем этапе – 8, далее – 6, 4 и 2. Сетка на последнем этапе адаптации имела следующие характеристики: кол-во ячеек в расчетной области: 172473 шт., размер максимальной ячейки – 10 мм, минимально – 0,018 мм. На каждом этапе адаптации определялся коэффициент местного сопротивления (КМС):

$$\zeta = \frac{P_0 - P_1 - \Delta P_{\text{тр}}}{P_d},$$

здесь P_0 и P_1 полное избыточное давление, соответственно в окружающей области (равное 0) и на выходной границе **FE** (определяемое по результатам численного расчета); $\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l$ – потери давления на трение в канале; R – удельное падение давления на трение в канале, также определяемое по результатам численного решения; $P_d = \rho \cdot v_0^2 / 2$ – динамическое давление.

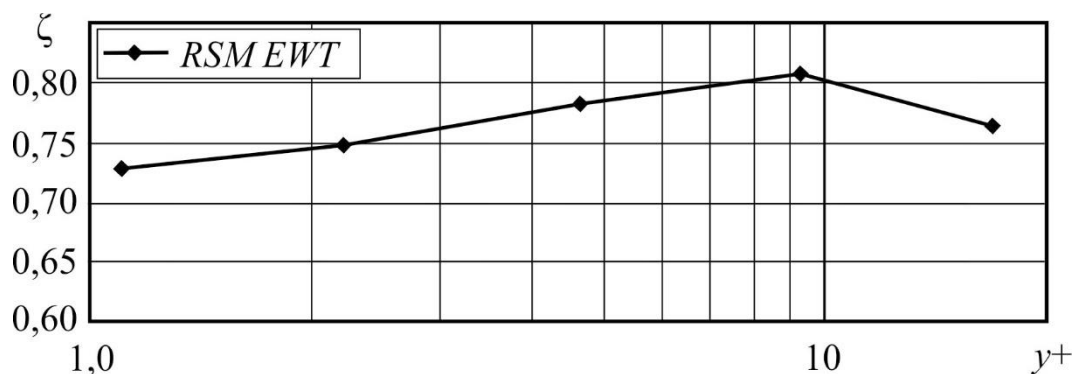


Рис. 2. Верификация задачи – исследование на «сеточную зависимость»

На рис. 2 показано изменение значения КМС в зависимости от безразмерного параметра y^+ , характеризующего степень измельчения расчетной сетки в пристенной области. Видно, что в рассматриваемом диапазоне y^+ значение КМС практически не меняется – максимальное различие не превышает 10 %, что означает отсутствие «сеточной зависимости». За окончательный результат можно принять значение $\zeta = 0,73$ при $y^+ \sim 1$, т. е. снижение сопротивление за счет такого профилирования составило около 30 %, поскольку значение КМС непрофилированного щелевого стока равен 1 [6].

Там же, в [6], указано, что при устройстве плавного коллектора перед входом в щелевой сток – скругление по дуге круга радиусом $r/D=0,2$ (D – диаметр стока) приводит к снижению КМС до значений 0,05. Столь существенное снижением КМС достигается не менее существенным увеличением габаритов стока, например, для исследованного случая внешний габарит входного узла с коллектором будет почти в два раза большим (увеличение на 80 %).

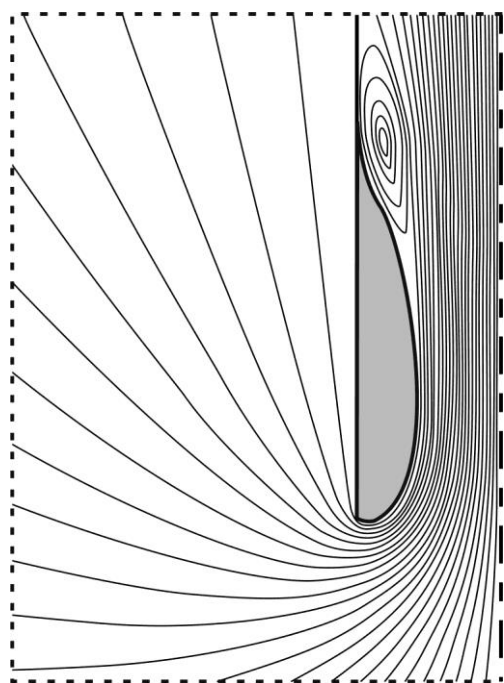


Рис. 3. Линии тока течения к отсосу с профилирующей вставкой

При уменьшении радиуса скругляющей дуги уменьшается и эффект от скругления. Например, при $r/D=0,02$ КМС, как и для рассмотренного случая, с профилирующей вставкой составляет $\sim 0,7$, увеличение габаритов – 8 %.

Дополнительно необходимо отметить что, несмотря на использование профилирующей вставки, вихревая зона хотя и существенно уменьшилась, но не была исключена полностью (рис. 3) – за профилирующей вставкой возникла вторичная отрывная зона. Этот вопрос требует дальнейшего более

детального исследования: возникнет ли третья вихревая зона, если

профилирующая вставка будет иметь очертания огибающей первой и второй зоны и т.д.; возможно ли найти очертания огибающей всех зон, так чтобы исключить появление отрывных зон при входе в щелевой отсос и какое значение КМС стока будет при таком профилировании.

Список использованных источников

1. Зиганшин А. М., Валеев Б. Р., Мухаметзянов И. Р., Полукеев К. В. Верификация численной схемы решения задачи об определении потерь давления щелевого стока конечной ширины // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Екатеринбург, 12–16 декабря 2016 г.). Екатеринбург : УрФУ, 2016. С. 98–101.
2. Зиганшин А. М. Снижение энергозатрат при движении потоков путём профилирования фасонных частей в коммуникациях энергоустановок // Надёжность и безопасность энергетики. 2015. № 1 (28). С. 63–68.
3. Зиганшин А. М., Беляева Е. Э., Соколов В. А. Снижение потерь давления при профилировании острого отвода и отвода с нишей // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 1. С. 108–116.
4. Зиганшин А. М., Бадыкова Л. Н. Численное моделирование течения в профилированном вентиляционном тройнике на слияние // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 6. С. 41–48.
5. Соединительный фасонный элемент с профилирующими вставками : пат. 2604264 Рос. Федерация : МПК F16L 43/00, МПК F16L 25/14 / Зиганшин А. М., Алещенко И. С., Зиганшин М. Г. и др. ; заявитель и патентообладатель: Казанский гос. арх.-строит. университет. – № 2014137755/06 ; заявл. 17.09.14 ; опубл. 10.12.16, Бюл. № 34. – 13 с.
6. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М. О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.

УДК 539.374

ЭЛЕМЕНТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАГНИЯ